



plasma care®

Wundbehandlung mit kaltem Plasma

Inaktivierung von Bakterien, Pilzen und Viren | Aktivierung der Wundheilung



SICHER –
KEINE GEWEBESCHÄDIGUNG
BEKANNT



GEEIGNET FÜR
PATIENTEN MIT
SCHRITTMACHER



MOBIL EINSETZBAR
UND LEICHT ZU
BEDIENEN



AKTIVIERUNG DER
WUNDHEILUNG
BEOBACHTET

Kaltplasma als medizinische Innovation

Wenn Eis oder Wasser erhitzt werden – ihnen also Energie in Form von Wärme zugeführt wird – dann ändern sie den Aggregatzustand: Eis schmilzt und Wasser siedet. Auf ähnliche Weise entsteht aus einem Gas bei Energiezufuhr das Plasma. Es handelt sich demnach um einen vierten, hochenergetischen Aggregatzustand, in welchem das Gas teilweise ionisiert vorliegt.

Von kaltem oder nicht-thermischem Plasma spricht man, wenn sich die Temperatur bei der Bildung des Plasmas nur leicht erhöht und normale Druckverhältnisse genügen, um es herzustellen.¹

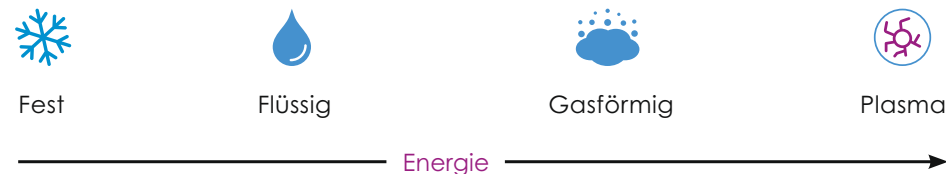
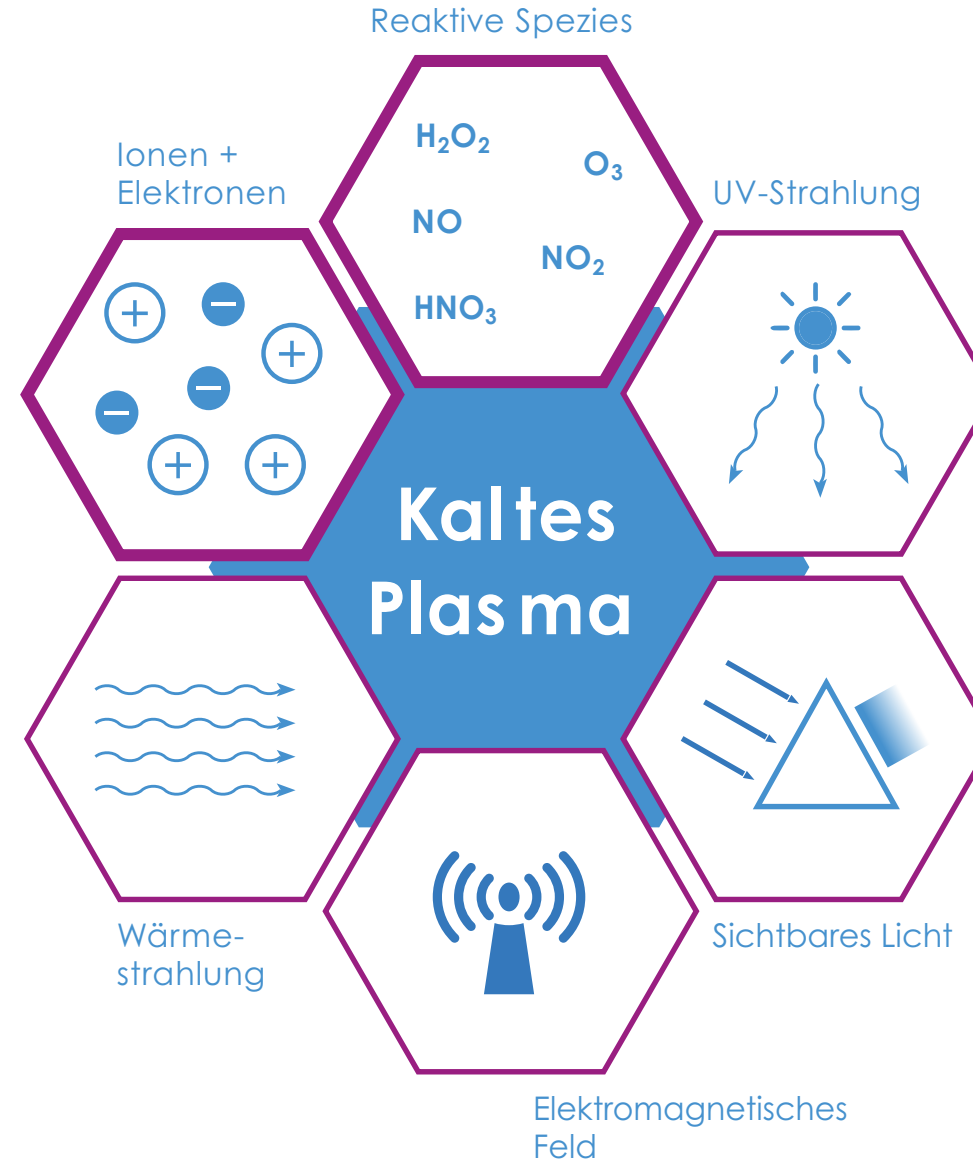


Abbildung 1: Plasma ist ein 4. Aggregatzustand



Auch das Gasgemisch, aus dem unsere Atemluft besteht, kann durch die Zufuhr von Energie in Plasma umgewandelt werden. Dieses Plasma wird als kaltes atmosphärisches Plasma (KAP) bezeichnet und hat Eigenschaften, die in der Medizin zur Therapie von Patienten eingesetzt werden können.^{2,3,10,17-23,24,25-28}

Physisch besteht KAP aus freien Elektronen und Radikalen, Ionen und angeregten Molekülen, die aus dem Ursprungsmaterial, also der Luft, entstehen. Zudem wird bei der Generierung von KAP ein elektrisches Feld, Strahlung in Form von sichtbarem und ultraviolettem Licht, sowie von Wärme produziert.¹

Ionen & Elektronen	N^+ , N_2^+ , N_3^+ , N_4^+ , O^+ , O_2^+ , NO^+ , NO_2^+ , H^+ , H_2^+ , H_3^+ , OH^+ , H_2O^+ , H_3O^+ , e^- , O^- , O_2^- , O_3^- , O_4^- , NO^- , N_2O^- , NO_2^- , NO_3^- , H^- , OH^-
Reaktive Spezies	angeregtes N_2 , angeregtes O , H , N , O , angeregtes O_2 , O_3 , NO , N_2O , NO_2 , N_2O_3 , N_2O_4 , N_2O_5 , H_2 , OH , HO_2 , H_2O_2 , HNO , HNO_2 , HNO_3
UV-Strahlung	Max. $0,00198 \text{ J/m}^2$ in 3 Minuten (Grenzwert = 30 J/m^2 am Tag)
Sichtbares Licht	lila Schimmer
Wärmestrahlung	$\Delta T = \text{circa } 1 \text{ }^\circ\text{C/Minute}$, immer $\leq 40 \text{ }^\circ\text{C}$



NUR 60 SEKUNDEN
PRO ANWENDUNG



ANWENDERFREUNDLICH



KEINE RESISTENZEN UND
ALLERGIEN BEKANNT



BAKTERIEN-
REDUKTION



SICHER –
KEINE GEWEBESCHÄDIGUNG
BEKANNT



GEEIGNET FÜR
PATIENTEN MIT
SCHRITTMACHER



MOBIL EINSETZBAR
UND LEICHT ZU
BEDIENEN



AKTIVIERUNG DER
WUNDHEILUNG
BEOBACHTET

Wirkungsweise von kaltem Plasma

Kaltes atmosphärisches Plasma ist eine Art von Plasma, das aufgrund seiner geringen Temperatur keine unspezifischen Zellschädigungen durch Hitze auslöst und daher prinzipiell für medizinische Anwendungen geeignet ist.

Die genauen Eigenschaften des kalten atmosphärischen Plasmas sind dabei von der Art der Erzeugung abhängig. Die von kaltem atmosphärischem Plasma erzeugten Wirkstoffe (reaktive Spezies) können auf verschiedene Arten mit Zellen wechselwirken. Die Effekte sind physikalisch (z. B. Rekombination oder Abregung angeregter Moleküle/Atome an der Oberfläche) oder chemisch (z. B. Wasserstoff-Denaturierung durch Wechselwirkung von Hydroxyl-Radikalen).

Bei Bakterien (prokaryotischen Zellen) erfolgt dadurch eine Zerstörung zellulärer Makromoleküle einschließlich der DNA wodurch das Bakterium inaktiviert wird. Mittels dieser Wirkweise werden auch Bakterien welche Antibiotika-Resistenzen entwickelt haben (MRE) inaktiviert.²⁹⁻³¹ Hierbei wechselwirken verschiedene langlebige reaktive Spezies des kalten atmosphärischen Plasmas mit der Membran der Bakterien³². Des Weiteren konnte auch eine antivirale Wirkung der von kaltem atmosphärischem Plasma produzierten reaktiven Sauerstoffspezies gezeigt werden³³. Diese

basiert vermutlich auf einer Modifikation von viralen Proteinen und führt in der Folge zur Inaktivierung der Viren.

Bei menschlichen eukaryotischen Zellen ist die DNA im Zellkern und durch zelluläre Reparaturmechanismen geschützt. Darüberhinaus sind menschliche Zellen in ihrem Zellverbund zusätzlich geschützt. **Somit kommt es zu keiner Schädigung.** Ganz im Gegensatz: durch die reaktiven Sauerstoff-Spezies wird in menschlichen Zellen sogar das Wachstum der Haut bzw. der Schleimhaut unterstützt und somit die **Wundheilung gefördert**. Die positive Wirkung von kaltem atmosphärischem Plasma auf menschliche Zellen kann durch die Anregung intrazellulärer Prozesse zum Zellwachstum durch reaktive Spezies erklärt werden³⁴⁻³⁵.

Diese Wirkung ist dabei lokal auf die oberste Zellschicht begrenzt. Unter anderem liegt es an der sehr kurzem Halbwertszeit der reaktiven Spezies, die sich schon an den oberen Zellen oder der umgebenden Flüssigkeit „abregieren“.³⁶⁻³⁷

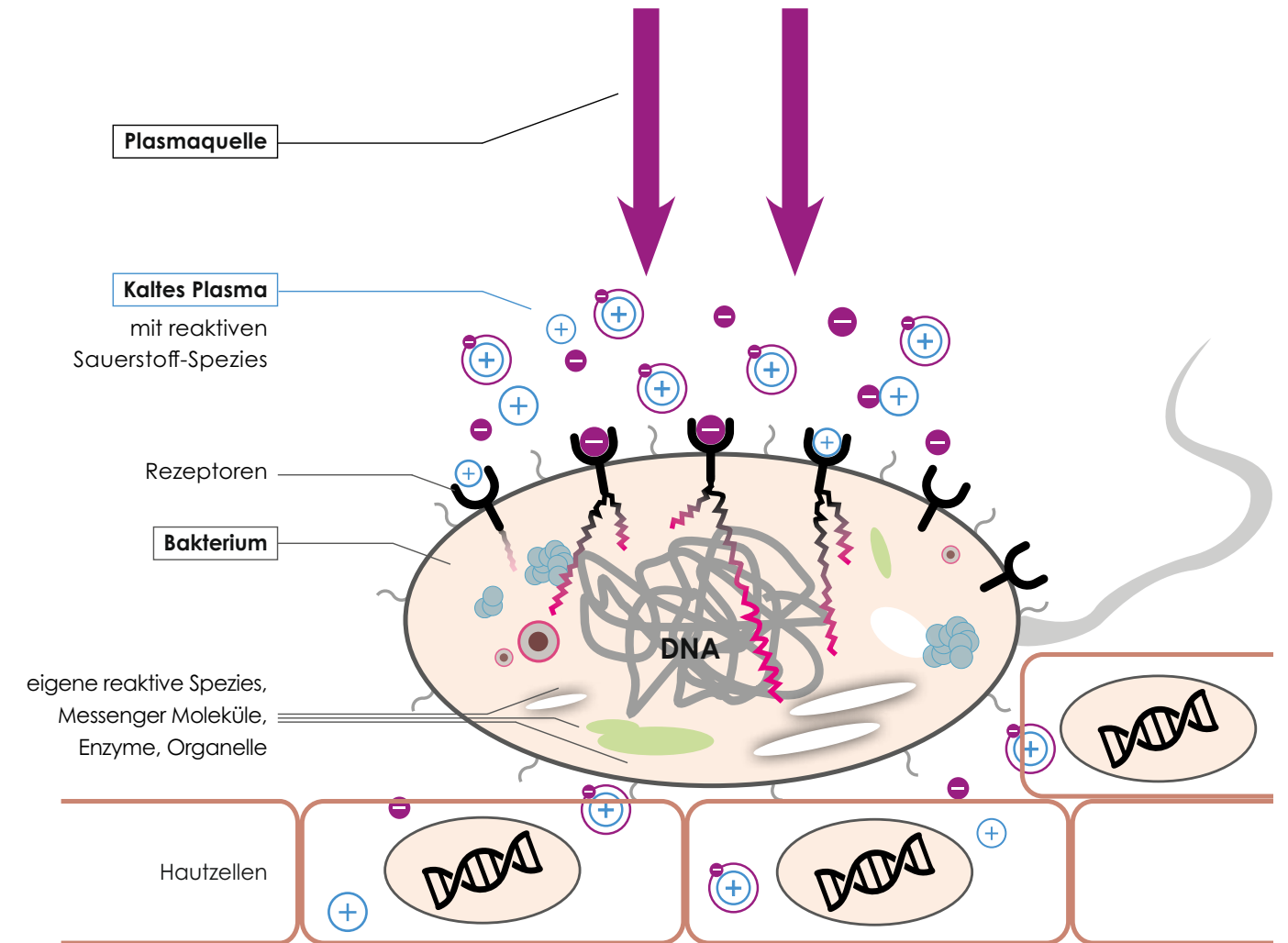


Abbildung 2: Biologische Plasmawirkung



NUR 60 SEKUNDEN
PRO ANWENDUNG



ANWENDERFREUNDLICH



KEINE RESISTENZEN UND
ALLERGIEN BEKANNT



BAKTERIEN-
REDUKTION



SICHER –
KEINE GEWEBESCHÄDIGUNG
BEKANNT



GEEIGNET FÜR
PATIENTEN MIT
SCHRITTMACHER



MOBIL EINSETZBAR
UND LEICHT ZU
BEDIENEN



AKTIVIERUNG DER
WUNDHEILUNG
BEOBACHTET

Plasmamedizin

To Go



Das **plasma care®** ist ein mobil einsetzbares Medizingerät zur Wundbehandlung mithilfe von kaltem atmosphärischem Plasma. Es hat ungefähr die Größe und das Gewicht eines Reiseföns und ist akku-betrieben, mit einer Batteriekapazität, die bei voller Ladung für mindestens 200 Behandlungen ausreicht.

Dementsprechend kann das **plasma care®** im klinischen oder niedergelassenen Bereich, aber auch von ambulanten Pflegediensten und Wundspezialisten eingesetzt werden. Das Indikationsgebiet ist in der rechtsstehenden Tabelle angegeben. Die Aufladung des **plasma care®** erfolgt induktiv in einer Ladestation.



INDIKATION

	Genese/Ursache	Erkrankung/Zustand	Symptome und Aspekte
Chronische Wunden	arteriell, venös, infektiös, diabetisch, neuropathisch, traumatisch, vaskulitisch	Ulcus, Dekubitus oder Pyoderma gangrenosum	mögliche Indikation einer bakteriellen Belastung (prophylaktisch), Kolonisation und Infektion mit Bakterien
Akute, offene Wunden	mechanisch bedingt	Schürfwunden, Schnittwunden, Stichwunden, Platzwunden, Quetschwunden, Ablederungen, Riss- und Bisswunden, Schusswunden, Pfählungen, Amputationen	mögliche Indikation und nachgewiesene bakterielle Belastung (prophylaktisch), Kolonisation und Infektion mit Bakterien
	thermisch bedingt	Verbrennung, Erfrierung	
	operationsbedingt	Operationswunden, sekundär heilende Operationswunden, Spalthautentnahmestellen	Prophylaxe bei infektionsgefährdeten Wunden

KONTRAINDIKATION

- Stark und akut blutende Wunden
- Wunden an offenliegenden Organen (OP-Bereich)
- Wunden an Schleimhäuten
- Wunden im Kopf- und Halsbereich
- Kinder unter 12 Jahren

Tabelle 1: Indikationen und Kontraindikationen für die Verwendung von **plasma care®**.



NUR 60 SEKUNDEN PRO ANWENDUNG



ANWENDERFREUNDLICH



KEINE RESISTENZEN UND ALLERGIEN BEKANT



BAKTERIEN-REDUKTION



SICHER – KEINE GEWEBESCHÄDIGUNG BEKANT



GEEIGNET FÜR PATIENTEN MIT SCHRITTMACHER



MOBIL EINSETZBAR UND LEICHT ZU BEDIENEN



AKTIVIERUNG DER WUNDHEILUNG BEOBACHTET

Die Anwendung – einfach, effektiv und schmerzfrei*

Um eine sterile Behandlung zu gewährleisten und Kreuzkontaminationen zu vermeiden, wird das **plasma care®** in Kombination mit einem einzeln verpackten Aufsatz, dem **plasma care®** Abstandhalter, benutzt. Dieser wird leicht auf die Wunde aufgesetzt, ohne durch Druck zusätzliche Schmerzen zu verursachen. Das KAP wird durch die Zufuhr von Energie aus der Umgebungsluft innerhalb des Abstandhalters gebildet.



Im **plasma care®** kommt dabei eine indirekte Plasmaquelle mit der SMD (Surface Micro-Discharge, Patent angemeldet)-Technologie zum Einsatz, so dass kein Strom durch den Patienten fließt. Die Haut, bzw. die Wundoberfläche, hat ausschließlich Kontakt mit den therapeutisch wirksamen Plasmakomponenten und das gesunde Gewebe wird nicht geschädigt.

Mit 13 cm² ist die Behandlungsfläche des **plasma care®** groß genug für die meisten Wunden, bei größeren oder mehreren Wunden kann der Abstandhalter innerhalb einer Behandlungssitzung auch bis zu 6 mal eingesetzt werden (Gesamtbehandlungsfläche: 78 cm²). Im Anschluss ist der Abstandhalter invalide und muss entsprechend Ihrer Hygienerichtlinien für infektiöse Abfälle entsorgt werden.

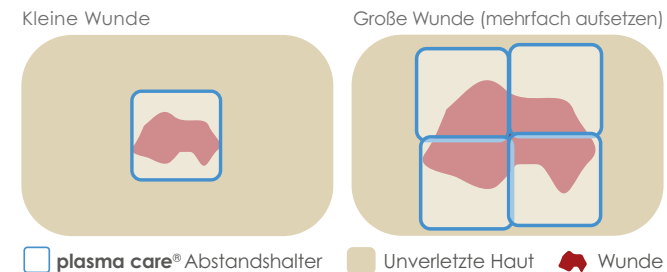


Abbildung 3: Behandlungsschema für Wunden unterschiedlicher Größe

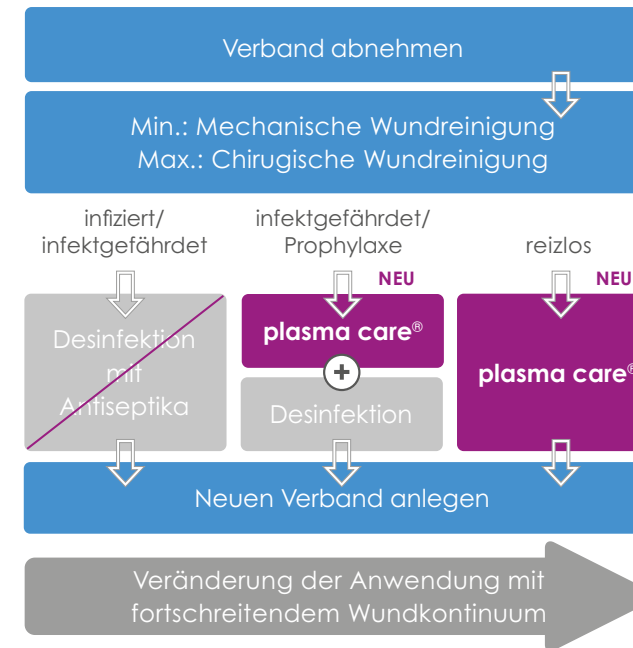


Abbildung 4: Wundbehandlungsprozess

Der Prozess der Wundbehandlung bleibt grundsätzlich unverändert: Das Wundbett wird präpariert, d. h. mechanisch debridiert und gereinigt. Damit ist die Wunde optimal für die Behandlung mit dem **plasma care®** vorbereitet, das Kaltplasma kann ungehindert auf die Wundoberfläche strömen und Bakterien einschließlich MRE deaktivieren.

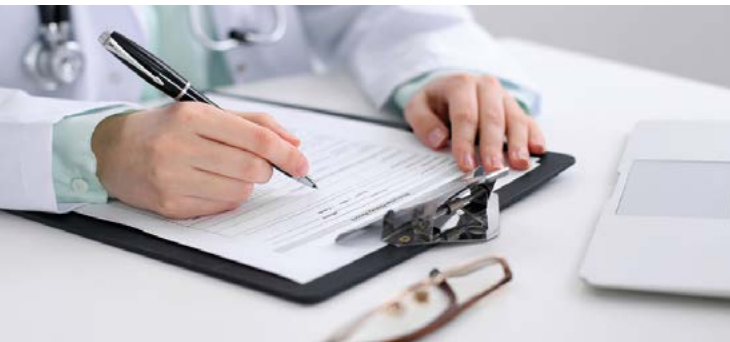
Die Wunde wird im Anschluss in gewohnter Weise verbunden. Zusätzlich kann ein Antiseptikum eingesetzt werden, um eine antibakterielle Langzeitwirkung zu erzielen.

*Die Behandlung mit dem **plasma care®** wurde bei den bisherigen Behandlungen von den Patienten als frei von Schmerzen beschrieben.

Untersuchungen

In präklinischen Untersuchungen wurde das **plasma care®** effektiv gegen zahlreiche Risikoklasse I und II Bakterienstämme eingesetzt, einschließlich *S. aureus*, *E. faecalis*, *P. aeruginosa*, *E. coli*, *MRSA* und *VRE*. Ein signifikanter Unterschied in deren Empfindlichkeit gegenüber dem KAP war hierbei nicht festzustellen und es wurde auch keine Resistenzbildung beobachtet.

Auf Agar wurden innerhalb von **60 Sekunden 99,999 % der getesteten Bakterien und des Hefepilzes *C. albicans* abgetötet**. Zudem war das **plasma care®** effektiv beim Einsatz gegen Biofilme von *E. faecalis* (99,9 % Reduktion in 1 Minute). Unter Realitäts-ähnlicheren Bedingungen in einem ex vivo Schweinehaut-Modell waren es innerhalb des gleichen Zeitraums 69 bis 83 % der Bakterien.



Bei der Plasmabehandlung handelt es sich nicht um eine zielgerichtete Therapie, die ausschließlich die Pathogene angreift. Auch gesundes menschliches Gewebe kommt mit dem KAP in Kontakt. Daher wurde eingehend untersucht, ob die Plasmabehandlung Veränderungen in primären Fibroblasten und Keratinozyten oder in der Haut verursacht. **Plasmabehandlungen von bis zu 3 Minuten (maximal zulässiger Behandlungszeitraum eines einzelnen Wundabschnitts innerhalb von 24 Stunden) hatten jedoch keinerlei Einfluss auf Vitalität, Viabilität oder Migrationsverhalten von primären Fibroblasten und Keratinozyten.** Zudem kam es zu **keinen histologischen oder pro-apoptischen Veränderungen** in „normaler“ oder „empfindlicher“ Haut aus Biopsien von gesunden Spendern. In Mutagenitätstests (HGPRT-Test mit V79-Zellen) konnte dem KAP aus dem **plasma care®** zudem **keinerlei genotoxisches Potenzial** nachgewiesen werden. Untersucht wurden dabei Behandlungsdauern von bis zu 5 Minuten.

Die Ergebnisse aus den ausführlichen präklinischen Untersuchungen des **plasma care®** weisen das Gerät dementsprechend als effektiv und sicher aus und sind vergleichbar mit publizierten Daten der **terrapiasma** Unternehmensgruppe.^{8,9,12-16}

Die Vorteile auf einen Blick

Zudem wurde die antibakterielle Wirkung des **plasma care®** von einem unabhängigen, zertifizierten Prüflabor (HygCen Germany GmbH) anhand einer modifizierten Standardmethode (VAH Methode 13) bestätigt. Die residente Hautflora auf dem Oberarm von gesunden Probanden wurde innerhalb von drei Minuten um 83 % reduziert (n = 20) und bei einer künstlichen Kontamination mit *E. coli* K12 wurde sogar eine 99,97 % Reduktion innerhalb dieses Zeitraums erreicht (n = 5). Somit war die Wirkung des **plasma care®** vergleichbar mit derjenigen des Referenzprodukts 70 % (v/v) Propan-2-ol.

- Effektive Bakterienreduktion
- Abtötung multiresistenter Keime
- Eine verbesserte Wundheilung wurde beobachtet
- Keine Entwicklung von Resistenzen
- Keine Gewebeschädigung
- Nur 1 Minute pro Anwendung
- Mobil einsetzbar und leicht zu bedienen
- Auch für Patienten mit Herzschrittmacher geeignet
- Kein Edelgas
- Kein Strom durch die Haut

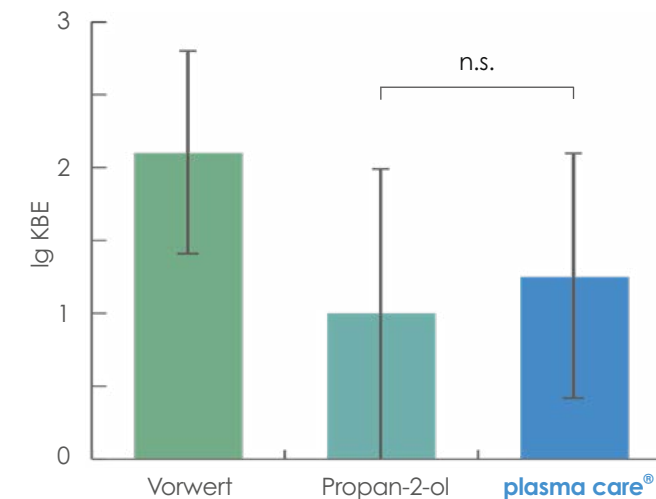


Abbildung 5:
Prüfergebnisse bei residenter Hautflora (n=20)

KBE = Kolonie-bildende Einheit
n.s. = nicht signifikant

Die residente Hautflora auf talgdrüsenarmer Haut (Oberarm) wird mit dem **plasma care®** innerhalb von drei Minuten vergleichbar stark reduziert wie nach drei Minuten Behandlung mit 70% (v/v) Propan-2-ol.



NUR 60 SEKUNDEN
PRO ANWENDUNG



ANWENDERFREUNDLICH



KEINE RESISTENZEN UND
ALLERGIEN BEKANNT



BAKTERIEN-
REDUKTION



SICHER –
KEINE GEWEBESCHÄDIGUNG
BEKANNT



GEEIGNET FÜR
PATIENTEN MIT
SCHRITTMACHER



MOBIL EINSETZBAR
UND LEICHT ZU
BEDIENEN



AKTIVIERUNG DER
WUNDHEILUNG
BEOBACHTET

Fallstudien

Das **plasma care®** wird bei Patienten mit chronischen Wunden unterschiedlicher Genese eingesetzt, z. B. bei postoperativen Wundheilungsstörungen, diabetischem Fußsyndrom und Dekubitus. Hier finden Sie einige Fallbeispiele.

BEISPIEL: POSTOPERATIVE WUNDHEILUNGSSTÖRUNG

Patient (40 J.), Chir. Entfernung eines sternalen Liposarkoms (Weichteilgewebstumor), partielle Resektion des Sternums und der Rippen C2-5 rechts und C2-4 links. Post-operative Wundheilungsstörung mit sternaler putrider (eitriger) Wundabszeßhöhle – Wundrevision und Auflage eines Wundversiegelungssystems erfolglos, Bildung von Nekrosen.

Behandlungsablauf:

- Behandlung erfolgte über 13 Wochen mit durchschnittlich 3 Behandlungen/Woche.
- Regelmäßige Entfernung von Krusten und Nekrosen, Nekrosestellen wurden kleiner, die Wunde wurde flacher und schloss sich von unten und vom Rand her.



Ausgangssituation, Okt. 2019

Ende Januar 2020

BEISPIEL: DEKUBITUS IM NACKEN

Patientin (64 J.), Post-Polio-Syndrom, chronisch respiratorische und ventilatorische Insuffizienz, Adipositas Gr. III, hyperkapnisches Koma. Hypergranulierendes Druckgeschwür am Nacken, durch Reibung und Feuchtigkeit am Gurt der Beatmungsmaske, Stagnation in der Granulationsphase.

Behandlungsablauf:

- 7 Kaltplasma-Behandlungen (6 x 2 min, 1 x 1 min) in 3 Wochen, die ersten Behandlungen wurden an aufeinander folgenden Tagen durchgeführt.
- Die Wunde ist nach 22 Tagen vollständig epithelialisiert.

(Bilderdokumentation Folgeseite)

Fortsetzung Diabetisches Fußsyndrom



Tag 0, Ausgangssituation

Tag 1, 1 KAP Behandlung

Tag 8, 6 KAP Behandlungen

Tag 15, 7 KAP Behandlungen

Tag 22, Komplett epithelialisiert

BEISPIEL: POSTOPERATIVE WUNDHEILUNGSSTÖRUNG

Patientin (77 J.), sekundär heilende Wunde (Spalthauttransplantation und Lappenplastik) nach Trauma (Quetschung bei Autounfall), Wundheilungsstörung bei bekannter CVI und Herzinsuffizienz, Infektion mit *Enterobacter aerogenes*, zusätzlich Neigung zu Ödem-Bildung in den Unterschenkeln

Behandlungsablauf:

- 2 x pro Woche Kaltplasma-Behandlungen (je 1 min)
- Umstellung auf feuchte Wundversorgung zum Aufweichen der Verkrustungen und Nekrosen
- mechanische Reinigung
- nach 18 Behandlungen in 11 Wochen bis auf punktuelle oberflächliche Hauteröffnung (Wundgröße: 0,22 x 0,17 cm), Wunde vollständig epithelialisiert



Woche 0, Ausgangssituation

Woche 1, 3 KAP Behandlungen

Woche 2, 5 KAP Behandlungen

Woche 8, 7 KAP Behandlungen

Woche 11, 18 KAP Behandlungen



NUR 60 SEKUNDEN
PRO ANWENDUNG



ANWENDERFREUNDLICH



KEINE RESISTENZEN UND
ALLERGIEN BEKANT



BAKTERIEN-
REDUKTION



SICHER –
KEINE GEWEBESCHÄDIGUNG
BEKANT



GEEIGNET FÜR
PATIENTEN MIT
SCHRITTMACHER



MOBIL EINSETZBAR
UND LEICHT ZU
BEDIENEN



AKTIVIERUNG DER
WUNDHEILUNG
BEOBACHTET

Kleines Gerät mit großer Wirkung

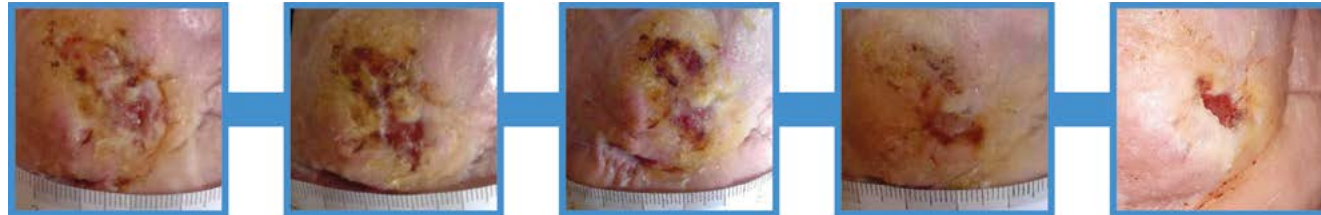
Das **plasma care®** ist seit Juli 2019 im Einsatz. Das Gerät nutzt kaltes atmosphärisches Plasma um Mikroorganismen inklusive multiresistente Erreger zu inaktivieren. Es kann ebenfalls eine Stimulation der Wundheilung bei einigen Patienten beobachtet werden. Hier finden Sie einige Fallbeispiele zu Wundbehandlung:

BEISPIEL: POSTOPERATIVE WUNDHEILUNGSSTÖRUNG

Patientin (63 Jahre) mit traumatischer Unterschenkel-amputation, rechts.
Post-operative Wundheilungsstörung am Stumpf (Auflagefläche der Prothese) im Anschluss an Lappenplastik-Operation, Wunde besteht seit über 1½ Jahren – Keine Infektion.

Behandlungsablauf:

- 9 Behandlungen (1 min/13 cm²) innerhalb von dreieinhalb Wochen durchgeführt.
- Reduktion der Wundgröße von 2,04 cm x 1,87 cm (L x B) auf 0,48 cm x 0,51 cm (L x B).



Tag 0, Ausgangssituation Tag 1, 1 KAP Behandlung Tag 7, 3 KAP Behandlungen Tag 21, 6 KAP Behandlungen Tag 25, 9 KAP Behandlungen

BEISPIEL: DIABETISCHES FUßSYNDROM

Patient (50 Jahre) mit Diabetischem Fußsyndrom. Infizierte Ulcera oberhalb der Mittelfußknochen (links) und nekrotischer 4. Zehe, Amputation aufgrund von Verschlechterung der Wundsituation, Wundinfektion mit teilweise resistenten Corynebakterien, Enterokokken und Staphylokokken.

Behandlungsablauf:

- 2 Behandlungen/Woche in den ersten 3 Wochen, anschließend alle 14 Tage (9 Behandlungen in 12 Wochen) im Rahmen des Verbandwechsels
- Abheilung innerhalb von 12 Wochen nach Beginn der Plasmatherapie

(Bilderdokumentation Folgeseite)

Fortsetzung Diabetisches Fußsyndrom



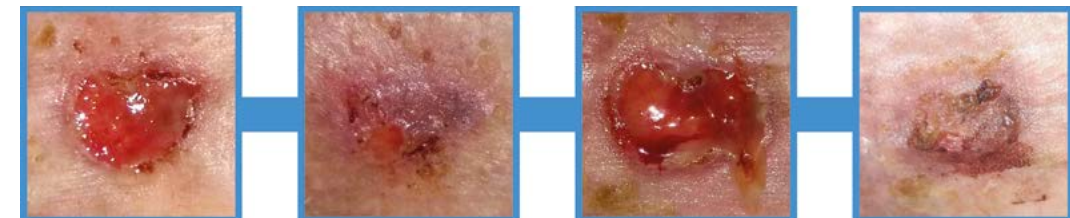
Tag 0, Ausgangssituation Tag 2, 2 KAP Behandlungen Tag 14, 4 KAP Behandlungen Tag 42, 7 KAP Behandlungen Tag 83, 9 KAP Behandlungen

BEISPIEL: ULCUS CRURIS

Patientin (77 J.), bettlägerig aufgrund einer Wirbelsäulenverletzung. Rezidiv eines Ulcus cruris unklarer Genese am rechten Unterschenkel, keine Ödeme, Gefäß-Struktur unklar. Wundheilung stagnierte seit mehreren Monaten, teils eitrig Beläge, Patientin berichtet von starken Schmerzen bei der mechanischen Wundreinigung.

Behandlungsablauf:

- 8 KAP-Behandlungen (1 min) in 4 Wochen führen zur deutlichen Verringerung der Wundgröße
- Fortschreitende Epithelialisierung, Verringerung der Schmerzen
- Unterbrechung der KAP-Behandlung führt zur Rezidiv Ulcus
- Vollständige Epithalisierung der Wunde nach 4 Wochen erneuter Kaptherapie (2 x Woche, 1 min)



Ausgangssituation 8 KAP Behandlungen Rückfall nach Unterbrechung der Therapie erneut 8 KAP Behandlungen



NUR 60 SEKUNDEN PRO ANWENDUNG



ANWENDERFREUNDLICH



KEINE RESISTENZEN UND ALLERGIEN BEKANNT



BAKTERIEN-REDUKTION



SICHER – KEINE GEWEBESCHÄDIGUNG BEKANNT



GEEIGNET FÜR PATIENTEN MIT SCHRITTMACHER



MOBIL EINSETZBAR UND LEICHT ZU BEDIENEN



AKTIVIERUNG DER WUNDHEILUNG BEOBACHTET

Literaturverzeichnis

1. Gerling, T.; Weltmann, K. D. Einführung in Atmosphärendruck-Plasmaquellen für plasmamedizinische Anwendungen. In *Plasmamedizin*; Metelmann, H.-R., von Woedtke, T., Weltmann, K.-D., Eds.; Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, 2016; pp 3–15. https://doi.org/10.1007/978-3-662-52645-3_1.
2. Heinlin, J.; Morfill, G.; Landthaler, M.; Stolz, W.; Isbary, G.; Zimmermann, J. L.; Shimizu, T.; Karrer, S. Plasma Medicine: Possible Applications in Dermatology. *J. Dtsch. Dermatol. Ges. J. Ger. Soc. Dermatol. JDDG* 2010, 8 (12), 968–976. <https://doi.org/10.1111/j.1610-0387.2010.07495.x>. **FREE ACCESS**
3. Isbary, G.; Shimizu, T.; Li, Y.-F.; Stolz, W.; Thomas, H. M.; Morfill, G. E.; Zimmermann, J. L. Cold Atmospheric Plasma Devices for Medical Issues. *Expert Rev. Med. Devices* 2013, 10 (3), 367–377. <https://doi.org/10.1586/erd.13.4>.
4. Leduc, M.; Guay, D.; Leask, R. L.; Coulombe, S. Cell Permeabilization Using a Non-Thermal Plasma. *New J. Phys.* 2009, 11 (11), 115021. <https://doi.org/10.1088/1367-2630/11/11/115021>. **FREE ACCESS**
5. Yonson, S.; Coulombe, S.; Léveillé, V.; Leask, R. L. Cell Treatment and Surface Functionalization Using a Miniature Atmospheric Pressure Glow Discharge Plasma Torch. *J. Phys. Appl. Phys.* 2006, 39 (16), 3508–3513. <https://doi.org/10.1088/0022-3727/39/16/S08>.
6. Helmke, A. Niedertemperaturplasma: Eigenschaften, Wirkungen und Gerätetechnik. In *Plasmamedizin*; Metelmann, H.-R., von Woedtke, T., Weltmann, K.-D., Eds.; Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, 2016; pp 33–45. https://doi.org/10.1007/978-3-662-52645-3_3.
7. von Woedtke, T.; Schmidt, A.; Bekeschus, S.; Wende, K. Wissenschaftliche Grundlagen, Stand und Perspektiven der Plasmamedizin. In *Plasmamedizin*; Metelmann, H.-R., von Woedtke, T., Weltmann, K.-D., Eds.; Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, 2016; pp 17–32. https://doi.org/10.1007/978-3-662-52645-3_2.
8. Arndt, S.; Landthaler, M.; Zimmermann, J. L.; Unger, P.; Wacker, E.; Shimizu, T.; Li, Y.-F.; Morfill, G. E.; Bosserhoff, A.-K.; Karrer, S. Effects of Cold Atmospheric Plasma (CAP) on β -Defensins, Inflammatory Cytokines, and Apoptosis-Related Molecules in Keratinocytes in Vitro and in Vivo. *PLoS One* 2015, 10 (3), e0120041. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0120041> **FREE ACCESS**
9. Arndt, S.; Unger, P.; Wacker, E.; Shimizu, T.; Heinlin, J.; Li, Y.-F.; Thomas, H. M.; Morfill, G. E.; Zimmermann, J. L.; Bosserhoff, A.-K.; et al. Cold Atmospheric Plasma (CAP) Changes Gene Expression of Key Molecules of the Wound Healing Machinery and Improves Wound Healing in Vitro and in Vivo. *PLoS One* 2013, 8 (11), e79325. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0079325>. **FREE ACCESS**
10. Isbary, G.; Stolz, W.; Shimizu, T.; Monetti, R.; Bunk, W.; Schmidt, H.-U.; Morfill, G. E.; Klämpfl, T. G.; Steffes, B.; Thomas, H. M.; et al. Cold Atmospheric Argon Plasma Treatment May Accelerate Wound Healing in Chronic Wounds: Results of an Open Retrospective Randomized Controlled Study in Vivo. *Clin. Plasma Med.* 2013, 1 (2), 25–30. <https://doi.org/10.1016/j.cpm.2013.06.001>.
11. Ermolaeva, S. A.; Varfolomeev, A. F.; Chernukha, M. Y.; Yurov, D. S.; Vasiliev, M. M.; Kaminskaya, A. A.; Moisenovich, M. M.; Romanova, J. M.; Murashev, A. N.; Selezneva, I. I.; et al. Bactericidal Effects of Non-Thermal Argon Plasma in Vitro, in Biofilms and in the Animal Model of Infected Wounds. *J. Med. Microbiol.* 2011, 60 (1), 75–83. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.020263-0>. **FREE ACCESS**
12. Klämpfl, T. G.; Isbary, G.; Shimizu, T.; Li, Y.-F.; Zimmermann, J. L.; Stolz, W.; Schlegel, J.; Morfill, G. E.; Schmidt, H.-U. Cold Atmospheric Air Plasma Sterilization against Spores and Other Microorganisms of Clinical Interest. *Appl. Environ. Microbiol.* 2012, 78 (15), 5077–5082. <https://doi.org/10.1128/AEM.00583-12>. **FREE ACCESS**
13. Maisch, T.; Shimizu, T.; Isbary, G.; Heinlin, J.; Karrer, S.; Klämpfl, T. G.; Li, Y.-F.; Morfill, G.; Zimmermann, J. L. Contact-Free Inactivation of *Candida Albicans* Biofilms by Cold Atmospheric Air Plasma. *Appl. Environ. Microbiol.* 2012, 78 (12), 4242–4247. <https://doi.org/10.1128/AEM.07235-11>. **FREE ACCESS**
14. Maisch, T.; Shimizu, T.; Li, Y.-F.; Heinlin, J.; Karrer, S.; Morfill, G.; Zimmermann, J. L. Decolonisation of MRSA, *S. Aureus* and *E. Coli* by Cold-Atmospheric Plasma Using a Porcine Skin Model in Vitro. *PLoS One* 2012, 7 (4), e34610. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0034610>. **FREE ACCESS**
15. Boxhammer, V.; Li, Y. F.; Körtzer, J.; Shimizu, T.; Maisch, T.; Thomas, H. M.; Schlegel, J.; Morfill, G. E.; Zimmermann, J. L. Investigation of the Mutagenic Potential of Cold Atmospheric Plasma at Bactericidal Dosages. *Mutat. Res.* 2013, 753 (1), 23–28. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2012.12.015>.
16. Isbary, G.; Körtzer, J.; Mitra, A.; Li, Y.-F.; Shimizu, T.; Schroeder, J.; Schlegel, J.; Morfill, G. E.; Stolz, W.; Zimmermann, J. L. Ex Vivo Human Skin Experiments for the Evaluation of Safety of New Cold Atmospheric Plasma Devices. *Clin. Plasma Med.* 2013, 1 (1), 36–44. <https://doi.org/10.1016/j.cpm.2012.10.001>.
17. Morfill, G.; Stolz, W. Forschungs-Projekt "Plasma-Medizin" Phase II: Niedertemperatur-Argon-Plasma zur in-vivo-Sterilisation chronischer Wunden—Abschlussbericht. November 7, 2014. **FREE ACCESS**
18. Isbary, G.; Morfill, G.; Schmidt, H. U.; Georgi, M.; Ramrath, K.; Heinlin, J.; Karrer, S.; Landthaler, M.; Shimizu, T.; Steffes, B.; et al. A First Prospective Randomized Controlled Trial to Decrease Bacterial Load Using Cold Atmospheric Argon Plasma on Chronic Wounds in Patients. *Br. J. Dermatol.* 2010, 163 (1), 78–82. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2010.09744.x>.
19. Isbary, G.; Heinlin, J.; Shimizu, T.; Zimmermann, J. L.; Morfill, G.; Schmidt, H.-U.; Monetti, R.; Steffes, B.; Bunk, W.; Li, Y.; et al. Successful and Safe Use of 2 Min Cold Atmospheric Argon Plasma in Chronic Wounds: Results of a Randomized Controlled Trial. *Br. J. Dermatol.* 2012, 167 (2), 404–410. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.2012.10923.x>.
20. Heinlin, J.; Zimmermann, J. L.; Zeman, F.; Bunk, W.; Isbary, G.; Landthaler, M.; Maisch, T.; Monetti, R.; Morfill, G.; Shimizu, T.; et al. Randomized Placebo-Controlled Human Pilot Study of Cold Atmospheric Argon Plasma on Skin Graft Donor Sites. *Wound Repair Regen. Off. Publ. Wound Heal. Soc. Eur. Tissue Repair Soc.* 2013, 21 (6), 800–807. <https://doi.org/10.1111/wrr.12078>.
21. Isbary, G.; Shimizu, T.; Zimmermann, J. L.; Heinlin, J.; Al-Zaabi, S.; Rechfeld, M.; Morfill, G. E.; Karrer, S.; Stolz, W. Randomized Placebo-Controlled Clinical Trial Showed Cold Atmospheric Argon Plasma Relieved Acute Pain and Accelerated Healing in Herpes Zoster. *Clin. Plasma Med.* 2014, 2 (2), 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.cpm.2014.07.001>.
22. Isbary, G.; Morfill, G.; Zimmermann, J.; Shimizu, T.; Stolz, W. Cold Atmospheric Plasma: A Successful Treatment of Lesions in Hailey-Hailey Disease. *Arch. Dermatol.* 2011, 147 (4), 388–390. <https://doi.org/10.1001/archdermatol.2011.57>.
23. Isbary, G.; Shimizu, T.; Zimmermann, J. L.; Thomas, H. M.; Morfill, G. E.; Stolz, W. Cold Atmospheric Plasma for Local Infection Control and Subsequent Pain Reduction in a Patient with Chronic Post-Operative Ear Infection. *New Microbes New Infect.* 2013, 1 (3), 41–43. <https://doi.org/10.1002/2052-2975.19>. **FREE ACCESS**
24. Brehmer, F.; Haenssle, H. A.; Daeschlein, G.; Ahmed, R.; Pfeiffer, S.; Görlich, A.; Simon, D.; Schön, M. P.; Wandke, D.; Emmert, S. Alleviation of Chronic Venous Leg Ulcers with a Hand-Held Dielectric Barrier Discharge Plasma Generator (PlasmaDerm® VU-2010): Results of a Monocentric, Two-Armed, Open, Prospective, Randomized and Controlled Trial (NCT01415622). *J. Eur. Acad. Dermatol. Venereol.* 2015, 29 (1), 148–155. <https://doi.org/10.1111/jdv.12490>.
25. Daeschlein, G.; Scholz, S.; Ahmed, R.; Majumdar, A.; von Woedtke, T.; Haase, H.; Niggemeier, M.; Kindel, E.; Brandenburg, R.; Weltmann, K. D.; et al. Cold Plasma Is Well-Tolerated and Does Not Disturb Skin Barrier or Reduce Skin Moisture. *J. Dtsch. Dermatol. Ges. J. Ger. Soc. Dermatol. JDDG* 2012, 10 (7), 509–515. <https://doi.org/10.1111/j.1610-0387.2012.07857.x>.
26. Daeschlein, G.; Scholz, S.; Ahmed, R.; von Woedtke, T.; Haase, H.; Niggemeier, M.; Kindel, E.; Brandenburg, R.; Weltmann, K.-D.; Juenger, M. Skin Decontamination by Low-Temperature Atmospheric Pressure Plasma Jet and Dielectric Barrier Discharge Plasma. *J. Hosp. Infect.* 2012, 81 (3), 177–183. <https://doi.org/10.1016/j.jhin.2012.02.012>.
27. Daeschlein, G.; Napp, M.; Lutze, S.; Arnold, A.; von Podewils, S.; Guembel, D.; Jünger, M. Skin and Wound Decontamination of Multidrug-Resistant Bacteria by Cold Atmospheric Plasma Coagulation. *J. Dtsch. Dermatol. Ges. J. Ger. Soc. Dermatol. JDDG* 2015, 13 (2), 143–150. <https://doi.org/10.1111/ddg.12559>.
28. Daeschlein, G.; Napp, M.; von Podewils, S.; Scholz, S.; Arnold, A.; Emmert, S.; Haase, H.; Napp, J.; Spitzmueller, R.; Gümbel, D.; et al. Antimicrobial Efficacy of a Historical High-Frequency Plasma Apparatus in Comparison With Modern, Cold Atmospheric Pressure Plasma Devices. *Surg. Innov.* 2015, 22 (4), 394–400. <https://doi.org/10.1177/1553350615573584>.
29. Nicol, M. J. et al. Antibacterial effects of low-temperature plasma generated by atmospheric-pressure plasma jet are mediated by reactive oxygen species. *Sci. Rep.* 10, 3066 (2020)
30. Hoon Park, J. et al. A comparative study for the inactivation of multidrug resistance bacteria using dielectric barrier discharge and nano-second pulsed plasma. *Sci. Rep.* 5, 13849 (2015)
31. Zimmermann, J. L. et al. Test for bacterial resistance build-up against plasma treatment. *New J. Phys.* 14, 073037 (2012)
32. Bourke, P.; Zuzina, D.; Han, L.; Cullen, P. J. & Gilmore, B. F. Microbiological interactions with cold plasma. *J. Appl. Microbiol.* 123, 308–324 (2017)
33. Filipić, A., Gutierrez-Aguirre, I., Primc, G., Mozetič, M. & Dobnik, D. Cold Plasma, a New Hope in the Field of Virus Inactivation. *Trends Biotechnol.* 38, 1278–1291 (2020)
34. Arndt, S. et al. Effects of cold atmospheric plasma (CAP) on β -defensins, inflammatory cytokines, and apoptosis-related molecules in keratinocytes in vitro and in vivo. *PLoS One* 10, e0120041 (2015)
35. Arndt, S. et al. Cold atmospheric plasma (CAP) changes gene expression of key molecules of the wound healing machinery and improves wound healing in vitro and in vivo. *PLoS One* 8, e79325 (2013)
36. Schmidt, A., Bekeschus, S., Wende, K., Vollmar, B. & von Woedtke, T. A cold plasma jet accelerates wound healing in a murine model of full-thickness skin wounds. *Exp. Dermatol.* 26, 156–162 (2017)
37. Leduc, M., Guay, D., Leask, R. L. & Coulombe, S. Cell permeabilization using a non-thermal plasma. *New J. Phys.* 11, 115021 (2009)
38. Von Woedtke, T., Schmidt, A., Bekeschus, S., Wende, K. & Weltmann, K.-D. Plasma Medicine: A Field of Applied Redox Biology. *In Vivo* 33, 1011–1026 (2019)



NUR 60 SEKUNDEN
PRO ANWENDUNG



ANWENDERFREUNDLICH



KEINE RESISTENZEN UND
ALLERGIEN BEKANNT



BAKTERIEN-
REDUKTION



SICHER –
KEINE GEWEBESCHÄDIGUNG
BEKANNT



GEEIGNET FÜR
PATIENTEN MIT
SCHRITTMACHER



MOBIL EINSETZBAR
UND LEICHT ZU
BEDIENEN



AKTIVIERUNG DER
WUNDHEILUNG
BEOBACHTET

Ihr Ansprechpartner



terraplasma medical GmbH

Parkring 32

85748 Garching bei München

Tel. + 49 89 588 055 30

eFax + 49 89 588 055 99

Lassen Sie uns in Kontakt bleiben:

LinkedIn  terraplasma-medical

Mail info@terraplasma-medical.com

Web www.terraplasma-medical.com

Jens Kirsch | Chief Executive Officer (CEO)

Petra Speidel | Chief Financial Officer (CFO)

PD Dr. rer. nat. habil. med. Julia Zimmermann | Chief Medical Officer (CMO)

Prof. Dr. Dr. h.c. Gregor Morfill | Wissenschaftlicher Beirat



NUR 60 SEKUNDEN
PRO ANWENDUNG



ANWENDERFREUNDLICH



KEINE RESISTENZEN UND
ALLERGIEN BEKANNT



BAKTERIEN-
REDUKTION